

УДК 621.317.32.027.3:621.3.088.3

*М.В. КУБКІН*, асистент, КНТУ, Кіровоград**ОЦІНКА ЧУТЛИВОСТІ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ  
ВИСОКОЇ НАПРУГИ ДО ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ЇЇ  
ЕЛЕМЕНТІВ**

Визначено функції чутливості системи вимірювання високої напруги до зміни параметрів вимірювальних перетворювачів струму та напруги, а також параметрів пристрою компенсації спаду напруги. Надані рекомендації, щодо побудови таких систем

**Ключові слова:** функція чутливості, вимірювальні перетворювачі, пристрій компенсації.

**Вступ.** В [1] була запропонована система вимірювання напруги на базі трансформатора власних потреб (ТВП) та розглянуті її метрологічні характеристики. У вищезазначеній системі в якості первинного вимірювального перетворювача використовується ТВП спад напруги в якому компенсується за допомогою пристрою компенсації. Така система дозволить відмовитись від використання трансформаторів напруги 6-10 кВ в розподільчих пристроях, що значно спростить та здешевле останні.

**Постановка задачі.** Під час експлуатації параметри елементів системи вимірювання можуть змінюватись. Ці зміни певним чином будуть впливати на передавальну функцію (ПФ) всієї системи, а отже, і на її метрологічні характеристики. Таким чином виникає задача оцінки впливу зміни параметрів елементів системи вимірювання на точність її роботи.

**Аналіз публікацій.** Для характеристики такого впливу вводять поняття "чутливість". Чутливість оцінюють за допомогою функції чутливості [2]

$$T_k(s) = \frac{\partial W(s)}{\partial W_k(s)},$$

де  $W(s)$  – ПФ системи;  $W_k(s)$  – ПФ  $k$ -го елемента системи.

Частіше використовують логарифмічну функцію чутливості [2, 3, 4]

$$S_k(s) = \frac{\partial \ln W(s)}{\partial \ln W_k(s)} = \frac{\partial W(s)}{\partial W_k(s)} \frac{W_k(s)}{W(s)}, \quad (1)$$

тобто чутливість представляє собою відношення відносних змін ПФ системи та ПФ елемента, що змінюється. З (1) видно, що чим менша чутливість  $S_k(s)$ , тим менше впливає зміна  $W_k(s)$  на  $W(s)$ .

© Кубкін М.В., 2012

Для визначення чутливості ПФ системи до зміни певного параметра  $\alpha$  в передавальній функції  $W_k(s)$  використовують правило диференціювання складної функції [3]

$$S_k^\alpha(s) = S_k(s)S_\alpha(s) = \frac{\partial W(s)}{\partial W_k(s)} \frac{W_k(s)}{W(s)} \cdot \frac{\partial W_k(s)}{\partial \alpha} \frac{\alpha}{W_k(s)}. \quad (2)$$

**Мета статті.** Визначити функції чутливості для ПФ системи вимірювання високої напруги на базі ТВП.

**Основна частина.** Структурна схема системи вимірювання високої напруги наведена на рис. 1. Тут  $W_{TU}(s)$ ,  $W_{TI}(s)$  – ПФ ТВП за вторинними напругою та струмом відповідно;  $W_{TV}(s)$ ,  $W_{TA}(s)$  – ПФ первинних вимірювальних перетворювачів напруги та струму відповідно;  $W_{ПК}(s)$  – ПФ пристрою компенсації (ПК).

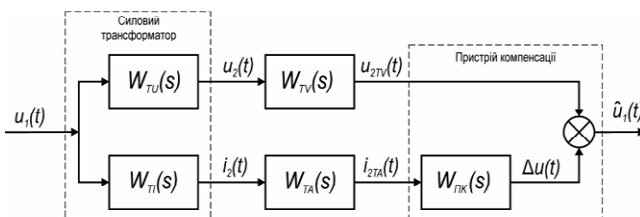


Рис. 1. Структурна схема системи вимірювання

Згідно структурної схеми ПФ системи вимірювання буде

$$W(s) = \frac{\hat{U}_1(s)}{U_1(s)} = W_{TU}(s)W_{TV}(s) + W_{TI}(s)W_{TA}(s)W_{ПК}(s). \quad (3)$$

З огляду на (1) та (3) очевидно, що функція чутливості системи вимірювання до зміни параметрів вимірювального перетворювача напруги  $TV$  (функція чутливості за каналом напруги) буде:

$$S_u(s) = S_{TV}(s) = \frac{W_{TU}(s)W_{TV}(s)}{W_{TU}(s)W_{TV}(s) + W_{TI}(s)W_{TA}(s)W_{ПК}(s)},$$

а функція чутливості до зміни параметрів вимірювального перетворювача струму  $TA$  або пристрою компенсації ПК (функція чутливості за каналом струму) –

$$S_i(s) = S_{TA}(s) = S_{ПК}(s) = \frac{W_{TI}(s)W_{TA}(s)W_{ПК}(s)}{W_{TU}(s)W_{TV}(s) + W_{TI}(s)W_{TA}(s)W_{ПК}(s)}.$$

ПФ пристрою компенсації [1]:

$$W_{ПК}(s) = R_T + sL_T,$$

де  $R_T, L_T$  – відповідно активний опір та індуктивність ТВП.

Функція чутливості системи при зміні параметрів  $R_T, L_T$  згідно (2):

$$S_i^R(s) = S_{ПК}(s)S_{R_T}(s) = \frac{W_{TI}(s)W_{TA}(s)W_{ПК}(s)}{W_{TU}(s)W_{TV}(s) + W_{TI}(s)W_{TA}(s)W_{ПК}(s)} \cdot \frac{R_T}{R_T + sL_T},$$

$$S_i^L(s) = S_{ПК}(s)S_{L_T}(s) = \frac{W_{TI}(s)W_{TA}(s)W_{ПК}(s)}{W_{TU}(s)W_{TV}(s) + W_{TI}(s)W_{TA}(s)W_{ПК}(s)} \cdot \frac{sL_T}{R_T + sL_T}.$$

В якості прикладу розглянемо функції чутливості (рис. 2)  $S_u(s), S_i(s), S_i^R(s), S_i^L(s)$  системи вимірювання на базі силового трансформатора ТМ-100/10 ( $P_2 = 100$  кВт,  $\cos\varphi_2 = 0,8$ ). Клас точності вимірювальних перетворювачів струму та напруги  $f_U = f_I = 0,005$ .

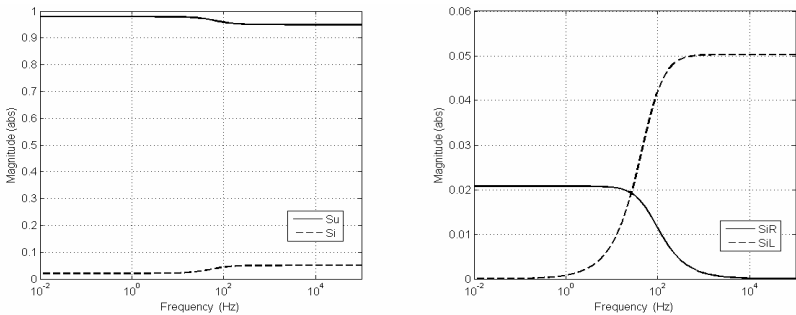


Рис. 2. Графіки модулів функцій  $S_u(s), S_i(s), S_i^R(s), S_i^L(s)$

З наведених частотних характеристик видно: 1) що відносна зміна параметрів (а по суті точності) вимірювального перетворювача напруги призведе до майже рівнозначної ( $|S_u| \approx 1$ ) відносної зміни точності системи вимірювання; 2) відносна варіація параметрів вимірювального перетворювача струму та пристрою компенсації викликає відносні відхилення точності системи вимірювання з коефіцієнтом значно меншим за одиницю ( $|S_i| \ll 1$ ).

### Висновки.

1. Визначено функції чутливості системи вимірювання високої напруги на базі трансформатора власних потреб.

2. Аналіз отриманих функцій показав, що при проектуванні таких систем вимірювання необхідно в першу чергу приділяти увагу класу точності первинного вимірювального перетворювача напруги. До кла-

су точності вимірювального перетворювача струму та параметрів пристрою компенсації вимоги можуть бути менш жорсткими.

**Список літератури:** 1. Кубкін М.В. Система вимірювання високої напруги на базі силового трансформатора та її метрологічні характеристики // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Вип. 25. Ч.1. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – С. 391-399. 2. Ванин В.К. Релейная защита на элементах вычислительной техники / В.К. Ванин, Г.М. Павлов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. – 336 с. 3. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. Пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с. 4. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебн. в 5 тт. Т. 3 / [Пупков К.А., Егупов Н.Д., Владимиров И.Г. и др.]; под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 616 с.



**Кубкін Максим Володимирович.** Захистив диплом магістра в Кіровоградському державному технічному університеті у 2003 р. за спеціальністю "Електротехнічні системи електроспоживання". Асистент кафедри "Електротехнічні системи" Кіровоградського національного технічного університету з 2003 р.

Наукові інтереси пов'язані з проблемами математичного та комп'ютерного моделювання в електроенергетиці.

*Надійшла до редколегії 20.09.2012*

УДК 621.317.32.027.3:621.3.088.3

**Оцінка чутливості системи вимірювання високої напруги до зміни параметрів її елементів / Кубкін М.В.** // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Х.: НТУ "ХПІ", 2012. – № 49 (955). – С. 116-119. Бібліогр.: 4 назв.

Определены функции чувствительности системы измерения высокого напряжения к изменениям параметров измерительных преобразователей тока и напряжения, а также к изменению параметров устройства компенсации падения напряжения.

**Ключевые слова:** функция чувствительности, измерительные преобразователи, устройство компенсации.

The functions of the sensitivity of high-voltage measurement system to the parametric variation of voltage and current measuring transducers as well as the parameters of the device for the compensation of voltage drop are defined in the paper.

**Keywords:** function of the sensitivity, measuring transducers, device for compensation.